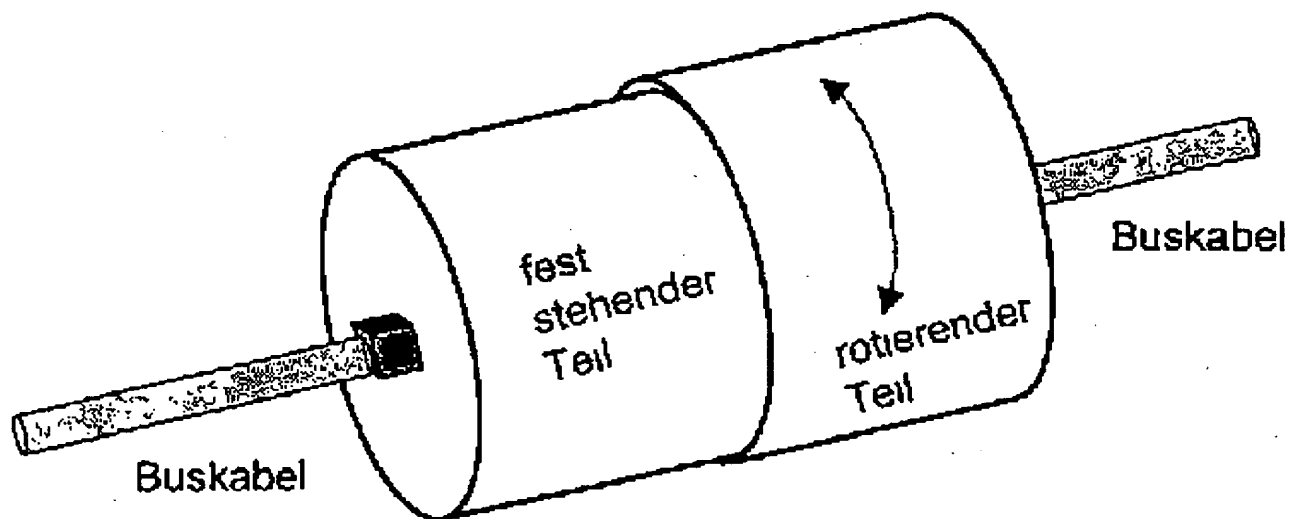


AN: PAT 2004-145301  
TI: Optical data transmission rotating joint for industrial control data bus applications has laser transceiver units in fixed and rotating parts separated by an air gap  
PN: **DE10230537-A1**  
PD: 15.01.2004  
AB: NOVELTY - An optical data transmission rotating joint has laser transceiver units in fixed and rotating parts separated by transmission through an air gap.; USE - Rotating joint for optical data transmission used in industrial machine control. ADVANTAGE - The air gap connection avoids cable drag and allows continuous rotation with consequent reduction in lost production due to the avoiding the need to run backwards. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing is a perspective showing the fixed and rotating parts and the bus cable on each side. (Drawing includes non English language text)  
PA: (SIEI ) SIEMENS AG;  
IN: HERTINGER K; MAKUTH J;  
FA: **DE10230537-A1** 15.01.2004;  
CO: DE;  
IC: G02B-006/26; G02B-006/293; G02B-026/00; H04J-014/00; H04J-014/02;  
MC: T06-A07A; V07-G12; W01-A06C4; W01-A06F1A; W01-D03; W02-C04A4;  
DC: P81; T06; V07; W01; W02;  
FN: 2004145301.gif  
PR: DE1030537 05.07.2002;  
FP: 15.01.2004  
UP: 02.03.2004



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 30 537 A1** 2004.01.15

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 30 537.4**  
(22) Anmeldetag: **05.07.2002**  
(43) Offenlegungstag: **15.01.2004**

(51) Int Cl. 7: **G02B 6/26**  
**G02B 6/293, G02B 26/00, H04J 14/02,**  
**H04J 14/00**

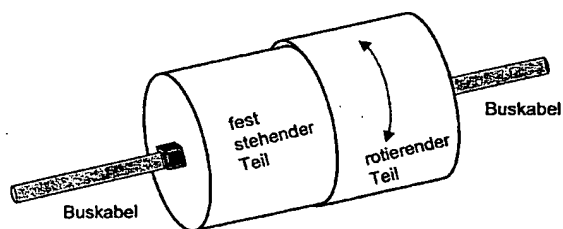
(71) Anmelder:  
**Siemens AG, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Hertinger, Klaus, 91056 Erlangen, DE; Makuth,**  
**Jens, 90537 Feucht, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Drehübertrager mit optischen Komponenten und Verfahren zur Datenübertragung über Drehübertrager mit optischen Komponenten**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen optischen Drehübertrager, der auf Laserlicht als Übertragungsmedium basiert, der z. T. Luft als Übertragungsstrecke nutzt und eine hohe Datenübertragungsrate sowie Endlosdrehungen zulässt.



**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft einen Drehübertrager mit optischen Komponenten und ein Verfahren zur Datenübertragung über Drehübertrager mit optischen Komponenten.

[0002] Daten- und Energieübertragung (Telemetrie) zu bewegten Maschinenteilen ist vor allem in der Industrie, insbesondere bei und/oder in verteilten Automatisierungssystemen ein zentrales Problem. Produktionsprozesse, vorrangig bei Werkzeugmaschinen, finden an rotierenden oder allgemein bewegten Werkstücken statt, oder die Werkzeuge rotieren und/oder bewegen sich um das zu bearbeitende Werkstück herum. Zur Datenübertragung in solchen Systemen werden u.a. Datennetze benötigt. Dazu werden beispielsweise Bussysteme wie z.B. Feldbus, Profibus, Ethernet, Industrial Ethernet, oder auch FireWire, aber auch zunehmend schaltbare Hochleistungsdatennetze, also Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, insbesondere Realtime Ethernet (RTE) oder auch isochrones RTE (IRTE) eingesetzt.

[0003] Datenübertragung wird heute entweder mit konventionellen Kabelschlepps oder mechanischen Schleifringen realisiert. Es existieren jedoch auch kapazitive und optische Verfahren, die aber technische Einschränkungen oder Kostenprobleme mit sich bringen. Funk fällt bislang aufgrund der geringen Nettodatenraten und zusätzlicher Protokoll-Layer, aber auch wegen Elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV) und aus Zuverlässigkeitsgründen ganz aus diesem Raster heraus.

[0004] Die Kabelschlepplösung verhindert eine Endlosdrehung und begrenzt die Produktionsgeschwindigkeit durch die notwendige Rückdrehung z.B. der Werkzeuge (sonst Abscherung der Kabel): Die Minimierung der Nebenzeiten im System spielt jedoch beispielsweise für die Produktivität eine entscheidende Rolle.

[0005] Eine bevorzugte Lösung für dieses Nebenzeitproblem ist das Ersetzen der Kabelschlepps durch Drehübertrager.

[0006] Drehübertrager gibt es in den verschiedensten Ausführungen. Einsetzbar sind berührungsbehafte Übertrager, z.B. mechanische Schleifringe, Bürsten oder flüssigkeitsbehaftete Quecksilberübertrager aber auch berührungslose Übertrager, wie z.B. optische, kapazitive, induktive oder auf Basis von Funkübertragung realisierte Übertrager.

[0007] Bei Verwendung von konventionellen, mechanischen Schleifringen treten Probleme in Bezug auf Abnutzung, EMV und Zuverlässigkeit auf, u.a. auch deshalb, weil in unmittelbarer Nachbarschaft auch die Energie selbst übertragen wird.

[0008] Kapazitive Übertrager sind teuer und werden z.B. für militärische Anwendungen eingesetzt.

[0009] Für drahtgebundene Systeme gibt es bislang keine ideale Lösung. Eine transparente Übertragungsstrecke (ohne zusätzliche Protokoll-Layer), damit prinzipiell verschiedene Busprotokolle übertragen

werden können, existiert derzeit nicht.

[0010] Optische Übertrager existieren, basieren aber auf optischen Übertragungsmedien (Glas- oder Plastikfasern). Probleme bereiten zusätzlich unidirektionale oder Halbduplex-Übertragungskanäle, die für viele Anwendungen nicht ausreichend sind.

[0011] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen verbesserten optischen Drehübertrager sowie ein verbessertes Verfahren zur Datenübertragung über einen optischen Drehübertrager anzugeben.

[0012] Der optische Drehübertrager, der hier beschrieben wird, basiert auf Laserlicht als Übertragungsmedium und ermöglicht extrem hohe Datenraten (Datenraten sind nicht durch das Übertragungsmedium Licht limitiert). Die Vorteile eines solchen erfindungsgemäßen optischen Drehübertragers sind das Ermöglichen von Endlosdrehungen, wodurch Kabelschlepps ersetzt werden können, die Minimierung von Tot- bzw. Nebenzeiten in Systemen beispielsweise Werkzeugmaschinen oder Robotern, aber auch eine transparente Datenübertragungsapplikation zu bewegten Maschinenteilen.

[0013] Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass auf Standardkomponenten zurückgegriffen werden kann, die am Markt verfügbar sind. Zum Einsatz kommen Bauteile wie beispielsweise Halbleiterlaser, Pindioden, optische Transceiver (z.B. BIDI-Module = bidirektionale optische Transceiver, die mit verschiedenen Wellenlängen bidirektional und full duplex auf einer Fiber, auch Faser genannt, arbeiten), die zur Applikationsrealisierung eines optischen Drehübertragers notwendig sind.

[0014] Neben den hohen Datenraten bietet die optische Kommunikation Vorteile auf dem Gebiet der Störsicherheit, d.h. EMV spielt im Gegensatz z.B. zu Funkkommunikation im Bereich des Übertragungskanals keine Rolle. Die Gewährleistung der notwendigen Sichtverbindung wird durch Kapselung des gesamten Gebildes erreicht.

[0015] Weitere Vorteile, die sich aus der optischen Übertragungstechnik ergeben sind:

- Hohe Übertragungskapazität
- Vollständige elektrische Isolation von Sender und Empfänger
- Unempfindlichkeit gegenüber elektrischen und magnetischen Störungen
- Keine Potentialprobleme (Erdschleifen)
- Unbedenklich in explosionsgefährdeter Umgebung
- Hohe Abhörsicherheit
- Kein Nebensprechen

[0016] Die technisch einfachste Variante einen Kommunikationskanal aufzuspannen, besteht in der In-Achse-Realisierung, d.h., der modulierte Lichtstrahl, der die Dateninformation enthält, wird in der Bewegungs-/Drehachse des Gebildes geführt. Dadurch ist physikalisch/räumlich nur eine Strecke für

den Übertragungskanal möglich. Die Übertragung soll bidirektional und full duplex erfolgen. Das bedeutet, man kann für beide Senderrichtungen verschiedene Wellenlängen des Lichts benutzen (1 Kanal, 2 unterschiedliche Wellenlängen,  $\lambda_1$  für die Transmit- bzw. Senderichtung und  $\lambda_2$  für die Receive- bzw. Empfangsrichtung). Eine andere Möglichkeit ist die Nutzung von (gleichartigen) Transceivern mit nur einer Wellenlänge bei optischen Verlusten von 6 dB.

[0017] Ein weiterer Vorteil ist die Transparenz. Zusätzliche Protokoll-Lager sind nicht notwendig. Der Halbleiterlaser wird mit dem jeweiligen Eingangssignal moduliert. Die Übertragungsstrecke, die durch den Drehübertrager verkörpert wird, verhält sich wie ein Stück Kabel; Sender und Empfänger bemerken nichts von einem Wechsel der Übertragungsmedien. [0018] Vorteilhaft ist weiterhin, dass ohne große prinzipielle Änderungen verschiedene Busprotokolle, wie beispielsweise Profibus und (Fast) Ethernet übertragen werden können. Andere Busprotokolle, insbesondere andere Feldbusprotokolle wären ebenfalls durch Modifikation der Ein- bzw. Ausgangsschaltung übertragbar.

[0019] Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist, dass die optische Übertragungsstrecke ohne Fiber aufgebaut wird (s. Fig. 4). Das bedeutet, die Transmitter koppeln nicht in eine Plastik- oder Glasfaser (wie üblich und vorgesehen), sondern nutzen Luft als Übertragungsmedium. Es handelt sich um minimale Entfernungen (Millimeter bis Submillimeterbereich) zwischen den optischen Transceivern (kombinierte Sende-/Empfangeinheiten), die zu überbrücken sind. Beispiel: Der Transmitter (Sender) von Modul 1 koppelt direkt in den Receiver (Empfänger) von Modul 2 ein. Die Dämpfung der Luft – bezogen auf die Millimeterstrecke – wird nicht so groß, dass die Übertragung gestört wird.

[0020] Jedoch sind auch andere Ausführungsformen der Übertragungsstrecke denkbar und möglich, wie beispielhaft anhand der Fig. 5 bis 9 gezeigt und beschrieben ist.

[0021] Als eine bevorzugte Ausführungsform wird der erfindungsgemäße optische Drehübertrager als integrierte Einheit realisiert. Extern anzuschließende Elemente sind die entsprechenden Buskabel auf beiden Seiten. Eine bevorzugte Ausgestaltung ermöglicht dabei den Einsatz von Steckverbindern. Das Verfahren zur Datenübertragung ist dann, bei entsprechender Vorbereitung der Module im feststehenden bzw. im rotierenden Teil des optischen Drehübertragers, sehr einfach und kostengünstig gelöst. Damit können prinzipiell alle möglichen Datenbusse, beispielsweise Ethernet, insbesondere Feldbusse, beispielsweise Profibus, aber auch Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, beispielsweise IRTE, angeschlossen, die entsprechenden Datenprotokolle übertragen und damit der erfindungsgemäße optische Drehübertrager in beliebige Automatisierungssysteme integriert werden.

[0022] Von besonderem Vorteil ist es darüber hin-

aus, dass die Erfindung insbesondere bei und in Verpackungsmaschinen, Pressen, Kunststoffspritzmaschinen, Textilmaschinen, Druckmaschinen, Werkzeugmaschinen, Roboter, Handlingssystemen, Holzverarbeitungs- und Glasverarbeitungs- sowie Keramikverarbeitungs- und Hebezeugen eingesetzt bzw. verwendet werden kann.

[0023] Im Weiteren werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung mit Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0024] Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau und die Mechanik eines erfindungsgemäßen optischen Drehübertragers,

[0025] Fig. 2 das Prinzip eines Übertragungskanals mit optischen Transceivern,

[0026] Fig. 3 das Prinzip eines optischen Transceivers und

[0027] Fig. 4–9 Verschiedene Realisierungsvarianten der Übertragungsstrecke, bzw. des Übertragungskanals

[0028] Fig. 1 zeigt beispielhaft den prinzipiellen Aufbau und die Mechanik eines erfindungsgemäßen optischen Drehübertragers. Das Gehäuse sollte wegen der Drehung um die Längsachse sinnvollerweise zylinderförmig und rotationssymmetrisch ausgeführt sein. Es besteht aus einem „Stator“ und einem „Rotor“ im mechanischen Sinne. Welches Teil sich bewegt und welches fest steht, spielt keine Rolle. Beliebige Grade der Dichtung sind denkbar. Die maximale Drehgeschwindigkeit hängt u.a. von der Güte der Lagerung ab.

[0029] Fig. 2 zeigt beispielhaft das Prinzip eines Übertragungskanals mit optischen Transceivern. Zwei Transceiver-Module mit kleinem Luftspalt bilden die Kerneinheit des Drehübertragers. Die Größe des Luftspalts hängt von der Güte der Lagerung ab.

[0030] Prinzipiell soll der Abstand zwischen den Modulen (also jeweils zwischen Sender und Empfänger) wegen der optischen Dämpfung der Luft minimal sein. Das heißt, man bewegt sich im Millimeter- bzw. Submillimeterbereich ( $\leq 1$  mm).

[0031] Fig. 3 zeigt das Prinzip eines optischen Transceivers. Die Transceiver sind als integrierte Standardbausteine am Markt erhältlich. Der prinzipielle Aufbau ist in der Fig. 3 dargestellt: Ein Transceiver besteht aus einer Halbleiter-Laserdiode 1 (z.B. multimodige VCSEL), ggf. mit der zugehörigen Optik, einer Pin-Fotodiode 2, einer kombinierten Filter/Strahlteiler-Einheit 3. Prinzipiell werden zwei unterschiedliche Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  verwendet. Der prinzipielle Strahlengang in den beiden abgebildeten Transceivern ist in der Fig. 3 dargestellt.

[0032] Bei Bedarf wird eine Optik (Linse) vor dem Laser eingesetzt, die den Laserstrahl zum jeweiligen Empfänger etwas divergiert. Dies kann notwendig werden, um geringes Spiel der mechanischen Lager aus der idealen Bewegungsachse auszugleichen. Der Aufwand der mechanischen Lagerung bestimmt den Aufwand der optischen Signalführung. Bei idealer Drehbewegung in der Bewegungsachse wäre kei-

ne zusätzliche Optik notwendig.

[0033] Die Fig. 4–9 zeigen verschiedene Realisierungsvarianten der Übertragungsstrecke, bzw. des Übertragungskanals. Dabei werden verschiedene kommerziell verfügbare Bauteile verwendet, beispielsweise sogenannte Fiber Optic Rotary Joints (FORJ's) und/oder sogenannte Wave Division Multiplexer (WDM's). Dabei ist ein FORD ein Bauteil, der das Durchlassen bzw. den Durchgang von optischen Signalen ausgehend von einer statischen Struktur zu einem drehbaren bzw. sich drehenden Mechanismus in einem faser-optischen System gewährleistet und/oder ermöglicht. Ein WDM kann, ähnlich wie ein Filter, zwei Wellenlängen voneinander trennen, so dass jeder der beiden Ausgänge eines WDM's nur eine diskrete Wellenlänge führt.

[0034] In den Fig. 4–9 ist durch die offene Ellipse mit den Pfeilspitzen an jedem der beiden Endpunkte der offenen Ellipse das jeweils rotierende Bauteil angedeutet.

[0035] Fig. 4 zeigt einen Übertragungskanal, der keine zusätzlichen Komponenten in der Übertragungsstrecke benötigt, sondern als Übertragungsmedium einen Luftspalt aufweist. Bei dieser Ausführungsform sind spezielle Kollimationsoptiken notwendig, die auch als „free space optics“ bezeichnet werden. Die hier beispielhaft gezeigte Übertragungsstrecke weist einen full duplex Übertragungskanal auf, bei dem klassische bidirektionale optische Transceiver auf jeder Seite eingesetzt werden. Es wird mit 2 Wellenlängen gearbeitet.

[0036] Fig. 5 zeigt einen Übertragungskanal, der einen einkanaligen ON-AXIS FORJ, welcher in der Bewegungsachse angeordnet ist, aufweist, der neben einer kompakten Bauweise hohe Datenübertragungsraten gewährleistet. Der ON-AXIS FORJ ist mit den bidirektionalen optischen Transceivern auf jeder Seite durch eine fiber verbunden. Die hier beispielhaft gezeigte Übertragungsstrecke weist einen full duplex Übertragungskanal auf. Es wird mit zwei Wellenlängen gearbeitet. Bei dieser Ausführung handelt es sich um eine passive Übertragungstechnik.

[0037] Fig. 6 zeigt einen Übertragungskanal, der einen einkanaligen OFF-AXIS FORJ aufweist, bei dem die Mittelachse des Übertragungskanals frei bleibt. Der OFF-AXIS FORJ ist mit den bidirektionalen optischen Transceivern auf jeder Seite durch eine fiber verbunden. OFF-AXIS FORJ's weisen einen komplizierteren optischen Aufbau im Innern auf, weil der Strahlengang nicht durch den Mittelpunkt bzw. die Bewegungsachse verläuft. Die Übertragungstechnik ist passiv, es werden aber nicht die Datenraten wie bei Verwendung von ON-AXIS FORJ's erreicht.

[0038] Fig. 7 zeigt einen Übertragungskanal, der einen ON-AXIS 2-Kanal-FORJ, welcher in der Bewegungsachse angeordnet ist, aufweist, der neben einer kompakten Bauweise hohe Datenübertragungsraten gewährleistet. Es wird mit zwei Wellenlängen gearbeitet. Zusätzlich sind zwischen dem zweikanaligen ON-AXIS FORJ und den beiden bidirektionalen

optischen Transceivern auf jeder Seite des Übertragungskanals jeweils ein WDM notwendig. Die WDM's sind mit den bidirektionalen optischen Transceivern jeweils durch eine fiber verbunden, während sie mit dem ON-AXIS FORJ jeweils mit zwei fibern verbunden sind. Die beiden WDM's werden benötigt, um die beiden verwendeten Wellenlängen zu trennen und jeweils eine Wellenlänge in eine der zwei unidirektionalen Übertragungskanäle vom WDM zum ON-AXIS 2-Kanal-FORJ einzuspeisen. Bei dieser Ausführung handelt es sich um eine passive Übertragungstechnik.

[0039] Fig. 8 zeigt einen Übertragungskanal, der einen ON-AXIS 2-Kanal-FORJ, welcher in der Bewegungsachse angeordnet ist, aufweist, der neben einer kompakten Bauweise hohe Datenübertragungsraten gewährleistet. Es kann mit einer oder zwei Wellenlängen gearbeitet werden. Bei der hier offenbarten Ausführungsform sind auf beiden Seiten der Übertragungsstrecke anstelle von kompakten bidirektionalen optischen Transceivern, die Sender und Empfänger zusammen beinhalten, Transmitter (Laser) und Receiver (PIN-Diode) separat aufgebaut und jeweils mit einer diskreten fiber mit dem zweikanaligen ON-AXIS FORJ verbunden. Die hier beispielhaft gezeigte Übertragungsstrecke weist zwei unidirektionale Übertragungskanäle für die Transmit- bzw. Receive-richtung auf. Bei dieser Ausführung handelt es sich um eine passive Übertragungstechnik.

[0040] Fig. 9 zeigt die Ausführung eines Übertragungskanals, bei dem kein FORJ benötigt wird. Anstelle eines FORJ's wird eine optische Freiraumkopplung realisiert, welche in der Bewegungsachse angeordnet ist. Der verwendete Free Space Koppler ist im wesentlichen eine Fiber-Luft-Fiber Anordnung, bei der jeweils Kugellinsen direkt auf jede der beiden Fiber gesetzt werden. Der Strahlengang im Free Space Koppler ist im vergrößerten Ausschnitt von Fig. 9 dargestellt. Bei der hier offenbarten Ausführungsform werden auf beiden Seiten der Übertragungsstrecke bidirektionale optische Transceiver mit Pigtails verwendet, die jeweils per Fiber mit dem Free Space Koppler verbunden sind. Ein Pigtail ist i.A. ein Stück Glasfaserkabel, das nur auf einer Seite mit einem optischen Steckverbinder konfektioniert ist. Es wird mit zwei Wellenlängen gearbeitet. Sende- und Empfangssignale liegen hier in 2 optischen Fenstern, nämlich bei  $\lambda_1 = 1310$  nm bzw. bei  $\lambda_2 = 1550$  nm. (Bei der Glasfasertechnik sind bestimmte optische Übertragungsfenster üblich, z.B. 850 nm, 1310 nm, 1550 nm).

[0041] Bei diesen Wellenlängen haben Glas-Fasern Material-Dämpfungs-Minima).

[0042] Zusammengefasst betrifft die Erfindung einen optischen Drehübertrager, der auf Laserlicht als Übertragungsmedium basiert, der z.T. Luft als Übertragungsstrecke nutzt und eine hohe Datenübertragungsrate sowie Endlosdrehungen zulässt.

**Patentansprüche**

1. Optischer Drehübertrager bestehend aus einem feststehenden und einem rotierenden Teil, wobei sich der rotierende Teil des optischen Drehübertragers auf derselben Drehachse wie der feststehende Teil oder außerhalb der Drehachse des feststehenden Teils befindet und der rotierende Teil sich um den feststehenden Teil dreht, **dadurch gekennzeichnet**, dass in jedem der beiden Teile wenigstens ein optischer Transceiver enthalten ist und eine Übertragungsstrecke zur Datenübertragung sich im Inneren des optischen Drehübertragers befindet, wobei das Übertragungsmedium zur Übertragung der Daten auf Laserlicht basiert und wobei ein Teil der Übertragungsstrecke als eine Luftstrecke ausgeprägt ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG 1

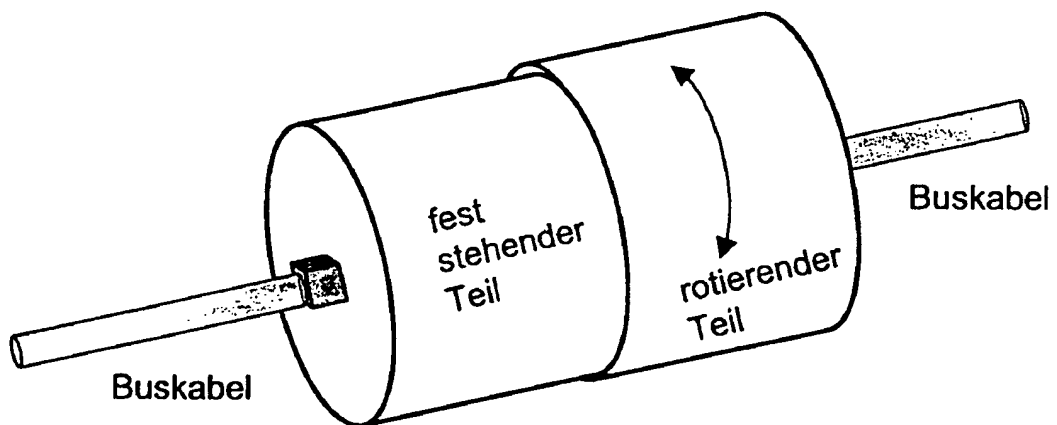




FIG 2

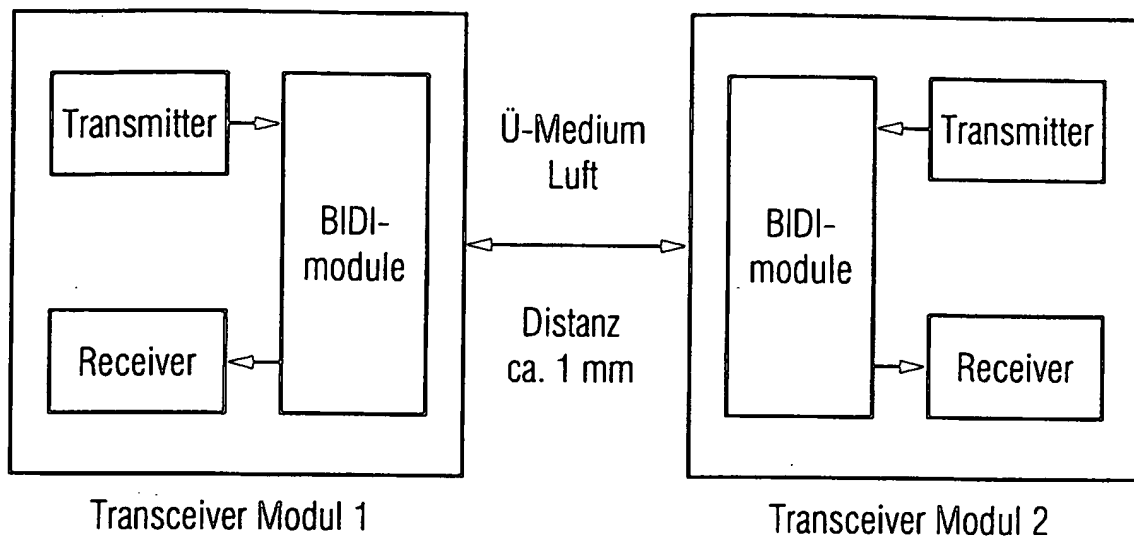


FIG 3

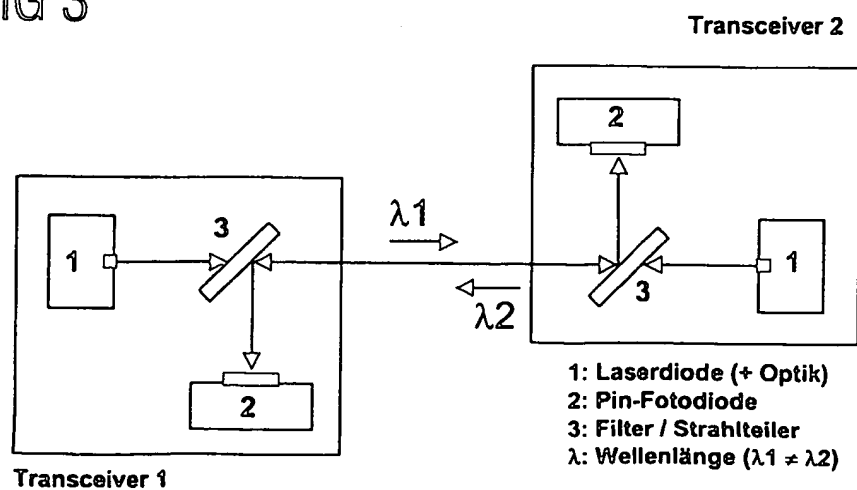


FIG 4

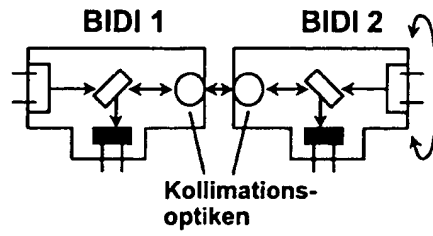


FIG 5

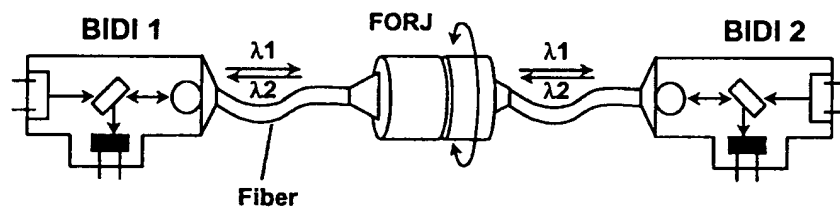


FIG 6

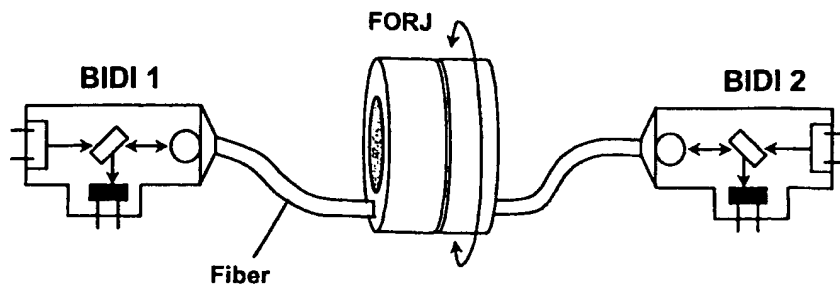


FIG 7

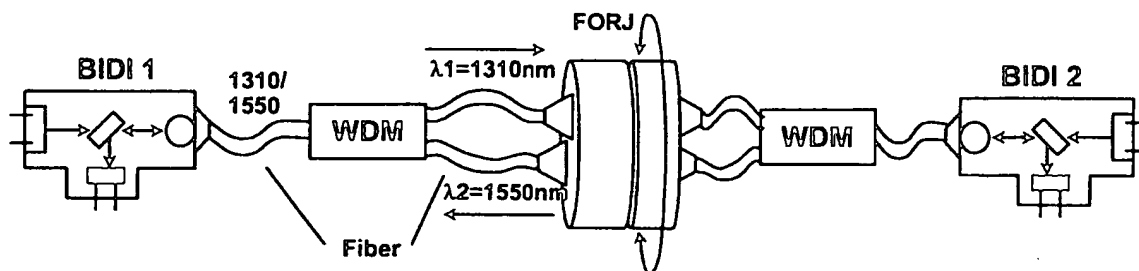


FIG 8

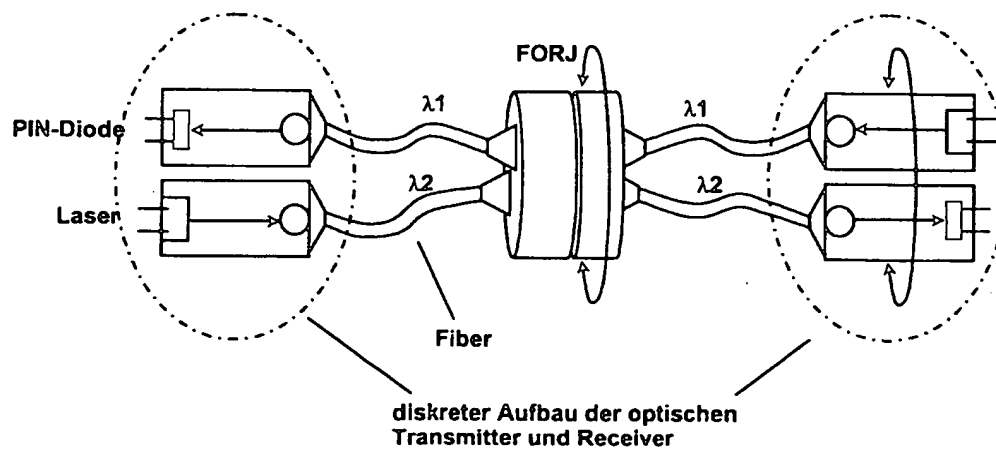


FIG 9

